

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-306513

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl. G11B 5/31

G11B 5/265

G11B 5/39

(21)Application number : 10-109394 (71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.04.1998 (72)Inventor : MIYAMOTO NORIFUMI

ISHII SEI

KOYAMA NAOKI

(54) HIGH-DENSITY RECORDING AND REPRODUCING HEAD AND HIGH TRACK
DENSITY MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make a curve of a magnetization transition region recorded on a medium small by using a high saturation flux density material for an upper magnetic pole material, and selecting a higher saturation flux density than that of a lower magnetic pole.

SOLUTION: An upper shield film 13 serves also as a lower magnetic pole of a recording head, and this lower magnetic pole 13 is projecting in the direction of the upper magnetic pole, and the upper width Wg2 of this projection decides a recording gap width. A recording gap 15 is formed on the lower magnetic pole 13, and the upper magnetic

pole 14 is arranged thereon. For this upper magnetic pole material, a material with a higher saturation flux density than that of a lower magnetic pole is selected. A geometric width Wg1 of the upper magnetic pole 14 is made to be at least 1.5-2 times as long as the recording gap length on one side than the projection width Wg2 of the lower magnetic pole 13. In such a manner, information is recorded by using a recording magnetic field leaking to the medium counter face side from the recording gap 15 constituted by the upper magnetic pole 14 and the lower magnetic pole 13.

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 26.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.06.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not
reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The high-density record reproducing head characterized by to
constitute from an ingredient which has bigger saturation magnetic flux density
than the saturation magnetic flux density of the ingredient with which the head
for record and the head for playback become independent, each is formed on
the same substrate, and the width of face by the side of the record gap of the
leading side magnetic pole of the head for record constitutes a leading side
magnetic pole for a trailing side magnetic pole from width of face by the side of
the record gap of a trailing side magnetic pole in the compound-die magnetic
head of narrow structure.

[Claim 2] The head for record and the head for playback become independent, and each is formed on the same substrate and sets to the compound-die magnetic head of the structure where the width of face by the side of the record gap of the leading side magnetic pole of the head for record is narrower than the width of face by the side of the record gap of a trailing side magnetic pole. The high density record reproducing head characterized by having constituted the trailing side magnetic pole from two or more kinds of cascade screens, and constituting the saturation magnetic flux density of the ingredient of the side nearest to a record gap at least from an ingredient of a bigger value than the saturation magnetic flux density of the ingredient which constitutes a leading side magnetic pole.

[Claim 3] The high track density magnetic recorder and reproducing device characterized by carrying the high density record reproducing head of claim 1 or claim 2 **.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the suitable compound-die magnetic head to perform high-density magnetic-recording playback especially and a record regenerative apparatus about the record regenerative apparatus which used the compound-die magnetic head and this compound-die magnetic head.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since it corresponds to small large capacity-ization of a magnetic recording medium, the surface recording density of a record medium is rising at a high rate called an annual rate of about 60% for the past several years. Thus, it is greatly dependent on various techniques, such as efficient [of the high coercive force of a record medium, a low noise-ized technique and the record reproducing head], a high-increase-in-power technique, a low surfacing-ized technique between head media, a signal-processing technique, and a high precision servo technique, having complemented mutually, and having suited and progressed to continue advanced growth.

[0003] In the magnetic head, by development of the compound-die magnetic head which separated the object for record, and the object for playback, record and the design of the reproducing head can optimize now by each, and it has contributed to the increment in the recording density for the past several years greatly. Since it is not dependent on the relative velocity between a head and a medium and the magneto-resistive effect mold components (MR component, GMR component, etc.) used especially as the reproducing head can perform a

high power design, minor-diameter-izing of a medium and thin film-ization are attained and they have become an indispensable technique in the small magnetic recording medium which adopted the medium of 2.5 inches and the diameter of 3.5 inch. Although the recording head which is another important element of the compound-die magnetic head is on extension of the technique of the conventional inductive head, since a tip configuration is improved so that high density track formation can be performed and it corresponds to a RF, ingredient development etc. has been made. It increases also to it and the place in which the demand to the densification from a user declines is just going to be demanded of not knowing and the more and more ED.

[0004] Drawing 2 (1) shows the configuration when seeing the compound-die magnetic head of present most fundamental configuration of being called a merge mold combined head from a medium opposed face side (ABS side). Record to a medium is performed using the disclosure field from the record gap 125 of the nonmagnetic section inserted by the lower magnetic pole 123 and the up magnetic pole 124. Usually, with the head of this configuration, to a medium, the lower magnetic pole 123 precedes (leading side), and the up magnetic pole 124 moves about it (trailing side). For this reason, actual magnetic information is

formed with the edge by the side of the record gap of the up magnetic pole 124 which becomes a trailing side. Playback of the recorded magnetic information is performed using the magneto-resistive effect component (MR component, GMR component) 126. The magneto-resistive effect component 126 is having structure inserted with the lower magnetic-shielding film 121 and the up magnetic-shielding film (the lower magnetic pole and combination for record) 123, and is arranged in the playback gap formed with these two magnetic films. By the magneto-resistive effect component component 126, a record pattern is changed into resistance change from the MAG, and is sent to amplifier (not shown) through the electrodes 122 and 127 on either side.

[0005] In order to use a magnetic film with common magnetic shielding of the upper part for playback and lower magnetic pole for record in the case of such a head of structure, it is called a merge (Merge) mold combined head. It is drawing 3 which explained the record process of a merge mold combined head to the detail to a slight degree. In drawing 3, only the part which contributes to record is shown and the reproducing head is omitted. Moreover, the thickness of the lower magnetic pole 123 is also thinly expressed short from the actual thing compared with the up magnetic pole 124.

[0006] Drawing 3 (1) traces the result of having calculated field distribution, such as generating when a current is passed in the coil of the merge mold head of drawing 2 (1), by the computer. The main conditions used for count are 1.0 teslas, and 1.0 teslas of saturation magnetic flux density of record gap width of face (Wg5) of 1.0 micrometers, 0.3 micrometers (b1) of record gap lengths, 1.5 micrometers of depth of gap, and the up magnetic pole 124 and the lower magnetic pole 123 of record magnetomotive force are also 0.5ATs. The curve 31 shows the field where the component within a field of the magnetic field strength in the location which separated 70nm from the pole face of a recording head serves as 2200 oersteds. The reason for having chosen 2200 oersteds is because the coercive force of a record medium was assumed to be 2200 oersteds. That is, it has the magnetic field strength which surpasses medium coercive force by the inside of the field shown with the curve 31. It will follow and magnetization transition will be formed by the boundary line. The ***** curve 31 becomes Taira and others mostly by the record gap side of the lower magnetic pole 123 which becomes a leading side, and becomes the trapezoid configuration which has a lobe in both sides by the record gap side of the up magnetic pole 124 by the side of trailing. Thus, since the up magnetic pole 124 is

limited to the truck cross direction, because magnetic flux concentrates on the edge, the part shown in a field 32 (the same is said of left) is saturated magnetically and a disclosure field is strengthened, it has a lobe in the up pole tip section. It is drawing 3 (2) which showed the direction of the magnetization at this time typically. Mostly, to being a vertical component, by the truck edge circles side, it is the direction of the inner sense a little, and, outside, is further suitable in the center of a record gap at a gap in the direction of a truck edge. It is thought that the magnetization direction recorded on a medium is magnetized in the direction mostly shown in this drawing 3 (2).

[0007] Drawing 3 (3) shows the mimetic diagram when recording the signal of low frequency to the directions medium, such as inside of a field, with such a head. A magnetization transition region becomes the form where the field curves near the up magnetic pole of a head etc. are met, and it was raised right and left, and a large elimination field exists in the right and left. When recording a signal on a medium, since the lower magnetic pole 123 becomes a leading side, only the width of face of the trapezoid base length E1 of the field curve 31 is eliminated first, and a magnetization transition region (We) is formed (Ee) and after that by the width of face shown by the trailing side width of face W1. An

elimination field becomes large and it becomes difficult to form a narrow track magnetization pattern, so that the difference of $W1$ and $E1$ is large. Moreover, when the recording density of a head travelling direction is high (the bit density direction), since a magnetization transition region becomes is hard to be formed (vertical substantial bit spacing becomes narrow in a magnetization transition region since the magnetization transition region leans to the truck), in the place where the deflection of field curves, such as the up magnetic pole 124 side, is steep, a recording width will decrease further. In order to raise the consistency of the truck cross direction, the head of structure which becomes equal about the elimination field width of face (Ee) equivalent to $E1$ and the record section width of face (We) equivalent to $W1$ is required.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] There is JP,2-208812,A as a well-known example which was going to solve the above problems. The merge mold combined head by this well-known example is shown in drawing 2 (2). Drawing 2 (2) shows the outline when seeing a head magnetic pole from a medium opposed face like drawing 2 (1). In order that this head may prevent the breadth of a record field, it is the description to have doubled with the dimension

by the side of the record gap 225 of the up magnetic pole 224 the geometrical dimension by the side of the record gap of the magnetic substance 223 which is a lower [up shielding-cum-] magnetic pole. About other parts, it is the same as the head of the structure of drawing 2 (1). Moreover, in this drawing 2 (2), the truck cross direction dimension of a shielding part is expressed shorter than an actual thing.

[0009] The result of having calculated field curves, such as inside of the field by the head of drawing 2 (2), is shown in drawing 4 (1). The main conditions used for count are the same with the case of drawing 3 (1), the saturation magnetic flux density of record gap width of face (Wg6) of 1.0 micrometers, 0.3 micrometers of record gap lengths, 1.5 micrometers of depth of gap, the up magnetic pole 224, and the lower magnetic pole 223 is 1.0 teslas, and both record magnetomotive force is 0.5ATs. The curve 41 shows the field where the component within a field of the magnetic field strength of the location which separated 70nm from the pole face of a recording head serves as 2200 oersteds. E2 which is equivalent to elimination width of face from this result compared with the head of drawing 2 (1) decreases compared with E1 of above-mentioned drawing 3 (1), and is ** or **** to the geometrical dimension Wg6. Although

drawing 4 (2) is the mimetic diagram of the record pattern on a medium, as shown in drawing, elimination field width of face also decreases from the example of drawing 3 (3). Moreover, the saturation of the magnetic flux of the record gap side both ends of the part to which the lower magnetic pole 223 decreased crosswise [truck], and the up magnetic pole 224 is eased, a lobe decreases, and it also turns out the deflection of a magnetization transition region, and that it is eased a little. These results are supported also from the result of magnetization pattern observation of the record medium under a magnetic force microscope (MFM). However, the design which can be in agreement with a recording head like this drawing 4 (1) in the width of face E2 of elimination and the width of face W2 of record is difficult.

[0010] Moreover, as latest well-known example, there is JP,9-305921,A, for example. The merge mold combined head by this well-known example is shown in drawing 2 (3). The outline when drawing 2 (3) looks at a head magnetic pole from a medium opposed face like drawing 2 (1) and drawing 2 (2) is shown. This head makes a convex configuration the lower magnetic pole 323 as well as the head of drawing (2) 2, and makes width of face by the side of the record gap of the up magnetic pole 324 further larger than the width of face of the convex

upper part of the lower magnetic pole 323. About other parts, it is the same as the structure of drawing 2 (1) and drawing 2 (2), and the same is said of the truck cross direction dimension of a shielding part expressing shorter than an actual thing.

[0011] Since recording track width of face does not need to be decided by the heights of a lower magnetic pole and does not need to make the width of face of an up magnetic pole narrowly to a truck width method like drawing 2 (1) and the merge mold combined head of the drawing 2 (2) conventional structure, this well-known example Although it is what aimed at the effectiveness that a process margin spread by a process becoming easy and neither reduction of the deflection of the magnetization transition region of a truck edge nor reduction of elimination width of face is described at all, it is guessed by the following considerations that ***** is in a head like drawing 2 (2) to a ratio.

[0012] Drawing 5 (1) calculates field curves, such as inside of the field by the head of drawing 2 (3). The main count conditions are fundamentally [making the up magnetic pole 324 and the lower magnetic pole 323 into 1.0 teslas of saturation magnetic flux density etc. / as the case of drawing 3 (1) and drawing 4 (1)] the same except having set width of face Wg7 of the up pole 324 to 1.5

micrometers (1.5 times of the record gap width of face Wg8). Although the curve 51 showed the field where the component within a field of the magnetic field strength in the location which separated 70nm from the pole face of a recording head serves as 2200 oersteds, this ***** 51 becomes the relation which carried out the upper and lower sides to the field curves 31, such as structure, mostly reverse conventionally which was shown in drawing 3 (1). It is shown that are what presumed the situation of the magnetization transition region (record pattern) of a medium, and magnetization transition region width of face (equivalent to the width of recording track) is set to Wm1, drawing 5 (2) of this width of face is equal to recording-width W3 and the demagnetization pole E3, and that of most of the elimination field of both the sides is lost, and its deflection of a track edge also decreases.

[0013] As mentioned above, according to the head indicated by JP,9-305921,A, it is guessed that effectiveness is in reduction of the deflection of the magnetization transition region of a track edge and reduction of elimination width of face, but only by manipulating the geometric-like structure of an up magnetic pole and a lower magnetic pole, there is a limitation and further narrow-track-izing and high density record cannot be expected.

[0014] This invention is made in view of an above-mentioned technical problem, there is also no elimination field between the tracks which the place made into the purpose has the small deflection of the magnetization transition region recorded on the medium, and adjoin, and, moreover, a magnetization transition region is to offer the high track density magnetic recorder and reproducing device which carried the compound-die magnetic head and this compound-die magnetic head of structure suitable for further narrow narrow track and high density record.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The compound-die magnetic head of this invention makes a convex configuration the configuration where carried out whether the magnetic substance would be made whether a part of lower magnetic pole which becomes the leading side of the head for record is etched mechanically and chemically from a film surface, or to deposit, and it saw from the medium opposed face side, in the direction of an up magnetic pole. The height of heights is made into twice [1.5 to / more than] record gap width of face. On the other hand than the record gap side width of face of a lower magnetic pole, the width of recording track by the side of the record gap of the up

magnetic pole which becomes a trailing side is considered as the configuration made large more than twice from 1.5 of record gap length at one side at least. With the head of drawing 2 (3), although the structure of these lower magnetic pole and an up magnetic pole is fundamentally the same, it uses the high ingredient of saturation magnetic flux density for the magnetic material of an up magnetic pole further by this invention. Thus, it is important for saturation magnetic flux density to choose a bigger ingredient than that of a lower magnetic pole. In addition, an up magnetic pole may be constituted from an ingredient more than two-layer, and saturation magnetic flux density of the ingredient of the side near a record gap may be made larger than that of a lower magnetic pole.

[0016] As a means to create the convex configuration of a lower magnetic pole, the above-mentioned convex magnetic pole configuration may consist of these fields after medium opposed face formation (after a surfacing side lap) beforehand by the processing method which combined the milling process with the resist mask according the up magnetic pole and lower magnetic pole which were formed more widely than the predetermined width of recording track to the HOTORISO method. The processing depth from the medium opposed face at this time is made more than into twice from 1.5 times of record gap width of face

at least. The FIB method using an ion beam as the same processing approach is also employable.

[0017] With the record playback discrete-type head concerning this invention, there is field distribution, such as a trailing side which participates in record, along a track mostly, it becomes in parallel, and the magnetization transition region of the almost same width of face as the geometrical dimension by the side of the gap of a lower magnetic pole can be formed. Although explained in full detail later, as shown in drawing 6 (1) and drawing 6 (2), since it is large compared with the field curve 61 (it corresponds geometrical dimension $Wg2$ mostly), such as preceding recording track width of face $W4$, the elimination width of face $E4$ and a recording width $W4$ are determined by the up magnetic pole side which becomes a trailing side. For this reason, the elimination field of the track both ends surely generated conventionally is lost, and the effective magnetic signal in a record track pitch increases. Moreover, by using the high ingredient (high B_s ingredient) of saturation magnetic flux density for an up magnetic pole, breadth (a recording width and elimination width of face) of a field can be made small, and the recording width $Wm2$ almost equal to the gap side dimension $Wg2$ of a lower magnetic pole is obtained by the medium.

Consequently, the magnetic disk drive which raised track density [the conventional structure / especially] is realizable.

[0018]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, one example of the compound-die magnetic head concerning this invention is explained, referring to a drawing.

Drawing 1 is the top view having shown the compound-die magnetic head in one example of this invention from the medium opposed face. In drawing 1, 11 is lower shielding, the die length Wg4 has the die length more than the width of face of the magnetic detection sensor section 16 at least, and what formed soft magnetic materials, such as a permalloy and Sendust, with a spatter and plating is used. The magnetic detection sensor 16 of the head for playback is arranged after the lower shielding 11. Although omitted in drawing 1, a sensor 16 is inserted and arranged with a high insulating alumina etc. by nonmagnetic. the component which this magnetic detection sensor 16 has the duty which changes the magnetic signal on a medium into an electrical signal, and is represented by a magneto-resistive effect component (AMR component), a spin bulb component, the giant magneto-resistance component (GMR component), etc. -- business -- **** . The film which constitutes these components forms

membranes by the spatter, vacuum evaporation technique, the ion beam method, etc. In the both ends of a sensor 16, the formed electrode 12 is similarly arranged by the spatter, vacuum evaporation technique, the ion beam method, etc. An electrode 12 achieves the duty which tells change of an electrical potential difference to amplifier while supplying a current to the sensor section 16. For this reason, the polar zone 12 is created using the very low good conductor of resistivity. Since the stability of the magnetic detection sensor 16 is increased to the polar zone 12, the laminating of the permanent magnet film etc. may be carried out, and it may be arranged. On the magnetic detection sensor 16, it insulates electrically and magnetically with an alumina etc., and the up shielding film 13 is arranged. The die length $Wg3$ by the side of the sensor of the up shielding film 13 needs to be longer than a sensor 16 at least. $Wg3$ and $Wg4$ may not be the same length.

[0019] The up shielding film 13 serves as the lower magnetic pole of the head for record, and, below, calls 13 a lower magnetic pole. The direction of an up magnetic pole of this lower magnetic pole 13 serves as a convex configuration, and record gap width of face is texture **** by the up width of face $Wg2$ of this convex configuration. A lower magnetic pole ingredient has the viewpoint of

being easy to make the film stabilized magnetically to desirable NiFe (1.0 teslas of saturation magnetic flux density). The lower magnetic pole 13 is because it serves as the shielding film of the head sensor 16 for playback. On the lower magnetic pole 13 (up shielding combination), the record gap 15 is formed with an alumina etc., and the up magnetic pole 14 is arranged on it. An up magnetic pole ingredient chooses an ingredient with the bigger saturation magnetic flux density than the saturation magnetic flux density of a lower magnetic pole ingredient. There are amorphous materials, such as the FeNi alloy and CoTaZr which increased Fe presentation concretely, and CoNbZr. Moreover, since geometric width of face Wg1 of this up magnetic pole 14 is sharply made widely rather than the magnetic pole width of face of the conventional structure of drawing 2 (1) and drawing 2 (2), it can choose the approach which combined a spatter and ion milling as the depository approach in addition to frame plating. Since the width of face of ingredient selection will spread greatly if a spatter is used, it is also possible to choose the big magnetic substance of specific resistance, or to carry out the laminating of an insulator layer and the magnetic film in consideration of RF record, and to aim at improvement in specific resistance further. In addition, record gap length's twice [1.5 times to / more

than] as many die length as this is more nearly required for the geometric width of face Wg1 of the up magnetic pole 14 than the convex configuration width of face Wg2 of the lower magnetic pole 13 at least at one side. However, when the dimension of Wg1 ponders the frequency characteristics of a magnetic core etc., making it long beyond the need wants to avoid it. This is because frequency characteristics will deteriorate if the magnetic mass of the magnetic path which **** a coil is large. Thus, information is recorded using the record field which leaks from the record gap 15 constituted by the up magnetic pole 14 and the lower magnetic pole 13 to a medium opposed face side.

[0020] The process of record by the recording head of the configuration of drawing 1 is explained referring to drawing 6 . Drawing 6 (1) shows only the lower magnetic pole 13, the record gap 15, and the up magnetic pole 14 which participate in record among the heads of the configuration of drawing 1 . Furthermore, the field curve 61, such as being equivalent to the medium coercive force searched for by count, is added. As for 1.6 teslas of saturation magnetic flux density of record gap width of face (Wg2) of 1.0 micrometers, 0.3 micrometers of record gap lengths, 1.5 micrometers of depth of gap, and the up magnetic pole 14, and the lower magnetic pole 13, 1.0 teslas and the record

magnetomotive force of the main count conditions are 0.5ATs, and the curve 61 shows the field where the component within a field of the magnetic field strength in the location which separated 70nm from the pole face of a recording head serves as 2200 oersteds of coercive force of a record medium. The field curves 61, such as drawing 6 (1), become the relation which carried out the upper and lower sides to the field curves 31, such as structure, mostly like the curve 51 of drawing 5 (1) reverse conventionally which was shown in drawing 3 (1). In drawing 6 (1), the big difference with the case where the up magnetic pole 324 and the lower magnetic pole 323 which were shown in previous drawing 5 (1) use the ingredient of 1.0 teslas of saturation magnetic flux density is the breadth field width of face of the field by the side of the gap of the up magnetic pole 14. That is, when a high Bs ingredient (1.6 teslas) is used for the up magnetic pole 14, the recording track width of face W4 becomes narrow compared with recording track width-of-face W3 when the lower part/upper part shown in drawing 5 (1) use a 1.0-tesla ingredient so that drawing 6 (1) may show. Since the magnetization which generates this from a lower magnetic pole is fixed, it is because lateral breadth becomes small, so that the saturation magnetic flux density of the up magnetic pole which becomes the side to receive is high.

[0021] Considering the case where a medium is fixed, a head moves toward the bottom from a top by space. For this reason, although a signal is recorded from lower magnetic pole side which becomes leading side 13, the field curves 61, such as the up magnetic pole 14 by the side of trailing which passes at the end, are met, and a magnetization transition region is formed. Consequently, the deflection in the truck edge of the magnetization transition region seen when it recorded with structure conventionally shown by drawing 3 or drawing 4 is lost, and formation of a record pattern without the signal elimination field seen to truck both ends is attained. And when the ingredient of the saturation magnetic flux density with same up magnetic pole and lower magnetic pole which were shown by drawing 5 is used, the ***** width of recording track is narrowly made to a ratio. What presumed the situation of the magnetization transition region when recording with the head of drawing 6 (1) is shown in drawing 6 (2). Magnetization transition region width of face (equivalent to the width of recording track) is set to $Wm2$, this width of face is equal to the recording track width of face $W4$ and the elimination width of face $E4$, and an elimination field does not exist in both the sides. Moreover, this magnetization transition region width of face $Wm2$ is still narrower compared with $Wm1$ shown in previous drawing 5 (2). The width of

face of Wm_2 becomes close to the geometrical dimension Wg_2 of a lower magnetic pole compared with Wm_1 of the head of drawing 5 (1), and can improve track density further.

[0022] Drawing 7 shows typically the situation when recording a magnetization pattern on a medium 700 using the recording head by this example. By drawing 7, a medium 700 is fixed and the time of a head moving downward from a top in a space top is shown. The skew include angle of a head shows drawing 7 (1), and drawing 7 (2) shows the case of 25 degrees 0 times. In drawing 7 (1), the magnetization pattern 707 is beforehand written on the recording track of the neighbors through which a head 705 passes. While the recording head 705 by this example records the magnetization pattern 702 on a predetermined track, it passes from a top to the bottom. Since a magnetization transition region is met and formed in field curves, such as a trailing side, when field curvilinear width of face, such as a trailing side, is longer than field curvilinear width of face, such as a leading side, the elimination field 703 is not formed in a boundary with neighboring recording tracks like this head. Moreover, since there is little deflection, the magnetization transition region perpendicular to a travelling direction can be formed in field curves, such as a trailing side, over the

width-of-recording-track whole region. This effectiveness is also the same as when an angle of skew is attached to a head, and the elimination field 713 is not formed between the magnetization patterns 712 of the oneself confidence recorded as the neighboring magnetization patterns 717 as shown in drawing 7 (2). A magnetization pattern only inclines to a travelling direction by the angle of skew, and can form a linear magnetization transition region mostly in a truck side. Although detailed explanation is omitted, as shown in drawing 8 (1) and (2), since field curvilinear width of face, such as a trailing side, is shorter than field curvilinear width of face, such as a leading side, an elimination field will be formed in a boundary with neighboring recording tracks with the head of a conventional type. When an angle of skew furthermore sticks, the elimination field is large in one side, and becomes narrow in the opposite side at it.

[0023] Thus, compared with the time of recording forming a magnetization pattern with the head in this example with the head of structure conventionally, there is no elimination field between adjoining trucks, and formation of the magnetization pattern of the quality of an excellent article with little deflection of the magnetization transition region of self is possible. And a recording width almost equal to the gap side dimension of a lower magnetic pole is obtained, and

track density can be improved.

[0024] Next, while indicating the compound-die magnetic-head structure by this example in three dimensions, referring to drawing 9 , a manufacture process is explained briefly. The record playback discrete-type head by this example is formed on a substrate 916. What carried out precision polishing of the ceramic substrate as a substrate ingredient is used. On a substrate 916, the high insulation of aluminum $2O_3$ or SiO_2 grade and a nonmagnetic thin film are used, and the laminating of a spatter, vacuum deposition, the CVD method, etc. is carried out. Furthermore on it, the magnetic film used as the lower shielding film 915 for playback is deposited. The soft magnetism film of amorphous nature, such as crystalline soft magnetism film, such as a permalloy and Sendust, or CoTaZr, etc. can be considered as a magnetic film ingredient. The membrane formation approach can choose a spatter, vacuum deposition, etc. Since it arranges in order that the lower shielding film 915 may raise the spatial resolving power of the magnetic detection sensor 917 mentioned later, when it sees from a medium opposed face at least, in the truck cross direction, it must be longer than the magnetic detection sensor 917. Moreover, for 2-5 micrometers is suitable for thickness. This value was chosen from the purpose of intercepting

magnetically the inside and outside inserted with shielding. There should just be depth lay length of the lower shielding 915 more than the range that covers the magnetic detection sensor 917 at least. Since it is an element important for a degree to take magnetic stability, i.e., stable magnetic-domain structure, about a lower shielding configuration, in consideration of shape anisotropy, it is made long to the track cross direction in many cases. After the lower shielding 915, the film of aluminum $2O_3$ or SiO_2 grade is deposited as similarly as the point. Furthermore, a magnetometric sensor 917 is formed on it. The component which changes into an electric (resistance change) signal a magnetic change represented by a magneto-resistive effect component (AMR component), a spin bulb component, the giant magneto-resistance component (GMR component), etc. as a magnetic detection sensor 917 is used. These film forms membranes by the sputter, vacuum evaporation technique, the ion beam method, etc. Patterning of the magnetic detection sensor 917 is carried out to the predetermined width of recording track using a photoresist process and an ion milling process. Depth lay length (MR height) is also formed in coincidence at this time. Although magnetic detection sensor thickness is decided with sensor sensibility, it usually has the thickness of dozens of nanometers. Geometric

sensor length (regenerative-track width of face) is decided from the magnetic width of recording track of a sensor the track density of a magnetic disk drive, and own. MR height is decided from the process tolerance of surfacing side processing, the demand output to a sensor, etc. Although it will be greatly dependent also on the design concept of equipment if it is the surface recording density of 2 Gb/in square extent, the width of recording track of a little more than 2 micrometers and the value of MR height grade of a little more than 1 micrometer are considered. Electrodes 914 and 918 are formed in both the sides of the magnetic detection sensor 917 in order to transmit supplying a current to a sensor, and electrical-potential-difference change of a sensor to amplifier. An electrode 914,918 is created using the lift-off method of a photoresist process. Electrode 914,918 and field detection sensor 917 both ends are made in agreement by adopting the lift-off method, and a flow can secure good. An electrode material adopts a cascade screen with the magnetic-domain control film stated to good conductors, such as Au, Ta, Cu, and aluminum, and a degree in many cases. The magnetic-domain control film consists of film which combined a ferromagnetic or the antiferromagnetic substance, and a soft magnetic material, and the duty which stabilizes a magnetic detection sensor

magnetically from both ends is achieved. On the magnetic detection sensor 917, the film of aluminum 2O3 or SiO2 grade is deposited as similarly as the point. Furthermore, the up shielding 913 is deposited on it. The up shielding 913 is used also [magnetic pole / of the head for record / lower]. The role for the magnetic detection sensor 917 is the same as that of the lower shielding 915. The up shielding 913 can perform adoption of the technique same also with an ingredient and a laminating process as lower shielding. The field across which it faced with the up shielding 913 and the lower shielding 915 is called a playback head gap. The magnetic detection sensor 917 is stored into this playback gap. It is the parameter which says the thickness lay length of a playback gap as playback gap length, and determines the spatial resolving power of the reproducing head. the field record which it is necessary to shorten playback gap length for raising track recording density, and is 2 Gb/in square extent -- if dense, it is about 0.3 micrometers. The thickness of an electrode is decided from constraint of this gap length.

[0025] The most important element in this example is the lower magnetic pole 913 and the up magnetic pole 911 for record which served as section shielding besides for playback. The lower [up shielding-cum-] magnetic poles 913 differ in

the die length by the side of a medium opposed face about a playback side gap (below) and a record side gap (above). An upper convex configuration is formed combining a photoresist process and an ion milling process. That is, after depositing a lower magnetic pole, the configuration shown by Wg2 to leave is met, and a resist is formed. Then, a resist is used as a mask and a convex configuration is formed by milling. although it thinks that the depth which carries out milling changes a little with the coercive force of a medium, and flying heights -- them -- pondering -- record gap length's 1.5- it is required more than twice. Moreover, as another formation approach of a convex configuration, the plinth of heights is formed first, on it, frame plating is used and the upper part of heights is formed. Since there should just be 2.0 or more-time height of the heights upper part at this time from 1.5 of a gap, and it is not necessary to make it high with 4-5um like the up magnetic pole of structure before, formation is easy. Although omitted in drawing 9 , on the lower magnetic pole 913 formed in this way, the gap film of aluminum 2O3 or SiO2 grade is deposited more thickly as similarly as the point. Then, the height of a convex center section and the both ends of the lower magnetic pole 913 is arranged for the gap film according to mechanical, chemical, or the planarizing process (mechanization study-polishing) that

combined both. It controls so that the remaining thickness of the center of lower magnetic pole heights of the gap film at this time serves as record gap length. Or flattening may be carried out until it arrives at the upper part of the heights of the lower magnetic pole 913, and predetermined thickness (usually 0.1 - 0.5 μ m extent) may be made to deposit aluminum 2O3 and the SiO2 grade gap film again on it. Next, the coil 912 which energizes a record current is formed on a record gap. A coil forms good conductors, such as Cu, after resist frame formation using a plating process. Coil number of turns are determined as a record frequency band from the recording efficiency of a head. That is, since the tip configuration of a head becomes small and head effectiveness falls by narrow track-ization, record magnetomotive force must be heightened. Moreover, if a record record frequency band becomes large by one side, in order to lower a coil inductance, it is necessary to lessen number of turns. Coil number of turns are determined from these two contradictory factors. Conventionally like [in this example] drawing 3 , the magnetic reluctance to the magnetic flux which **** in a coil compared with a structure recording head is small, and since it is thought that it is efficient, the effectiveness that number of turns are lessened and the large head of a record frequency band can be realized rather than before is also

considered. Furthermore on a coil, it is filled up with high insulation resin like the resist material for an insulation, and, finally the up magnetic pole 911 is formed. The up magnetic pole 911 is formed ranging over a coil 912, and is magnetically combined with the lower magnetic pole 913. The up magnetic pole width of face $Wg1$ from a medium opposed face should just excel in one side more than twice from 1.5 rather than the lower magnetic pole width of face $Wg2$ at least. Although patterning may be carried out by the width of face same about the depth direction, in order to improve recording efficiency, you may make it large a little. However, since the magnetic mass of a magnetic path will increase if it extends beyond the need, it becomes the cause of reducing a record frequency band. I think that about a little more than 20 micrometers is enough as width of face from this reason. I think that about 2-3 micrometers is enough as the thickness of the up magnetic pole 911.

[0026] By this example, although up shielding of the reproducing head and the lower magnetic pole of a recording head indicated the structure of combination, the structure which separated these film is also considered. In this case, since a recording head and the reproducing head can dissociate completely and the bad influence of a record field to the reproducing head becomes small, it is made on

the head which was more excellent in quality.

[0027] Moreover, the upper recording head is arranged downward from the lower magnetic pole 913 as an example of transformation of this example, and the example which forms the reproducing head on it is also considered. In this case, since a degree of freedom increases in the creation process of a recording head at a manufacture process, such as elevated-temperature-izing of membrane formation temperature, the head which was excellent in the record engine performance can be created. As a fault, since a recording head is structure with many level differences, flattening processing is needed for every membrane formation process, and we are anxious about complication of a process.

[0028] Drawing 10 plots the ratio of the effectual recording width W_e to drawing 1 and the geometric recording head width of face W_g of this invention of drawing 2, or the head of each conventional structure, and the effectual elimination width of face E_e from the count result of field distribution curves, such as inside of the field by the computer. Effective recording-width ratio = it defined by W_e/W_g and effective elimination width-of-face ratio = E_e/W_g . The main conditions of count are as having mentioned above. In the recording head of the conventional

structure of drawing 2 (1) shown in (a), an effectual recording width is narrower than a geometric dimension, and elimination width of face becomes large conversely. It turns out that it is structure very disadvantageous as a head of narrow track structure. In the recording head of the structure which trimmed the lower magnetic pole of drawing 2 (2) shown in (b), the effectual recording width of what can decrease effectual elimination width of face is hardly conventionally different from structure. Moreover, the deflection of a magnetization transition region edge is not so much improvable, either. The recording head of the structure of drawing 2 (3) shown in (c) can bring a recording width close to the geometrical dimension of a recording head mostly. (d) shows the case of the head of the example by this invention of drawing 1 . Although this head is carrying out the laminating of the high ingredient of saturation magnetic flux density to the record gap side of an up magnetic pole, other configurations are the same as (c). It is possible for the saturation region of an up magnetic pole to become narrow with a high B_s ingredient (truck cross direction), and to bring effectual record (elimination) width of face close to a geometrical dimension further with this structure.

[0029] Generally the magnetic recorder and reproducing device is equipped with

the circuit device which changes the drive system which drives the record reproducing head, this head, and a record medium and digital one, or analog information, and records a signal on a medium through a recording head, and the circuit device in which the signal from the reproducing head is changed into digital one or analog information. By carrying the high density record reproducing head of this invention in such equipment, equally, the elimination width of face E_e and the recording width W_e of the track cross direction of a record bit which were formed in the medium become narrow, and realize a high track density magnetic recorder and reproducing device.

[0030]

[Effect of the Invention] As explained above, according to the record playback discrete-type combined head of the structure of this invention, following various effectiveness is expected.

(1) A uniform magnetization pattern without deflection can be formed in the magnetization transition region of the track cross direction. For this reason, the read/write design which raised track recording density conventionally is attained.

(2) Since elimination width of face is lost between adjoining tracks and recording track width of face becomes narrow, it becomes possible to raise track density

further rather than before.

(3) Since a head with high recording efficiency is realizable, it can record with low magnetomotive force as a result, and coil number of turns can be lessened. Consequently, the head which was excellent in the RF property that a record band is large is realizable.

(4) The manufacture process of the magnetic pole of a recording head can be simplified. The surfacing side configuration of for example, an up magnetic pole is 1 micrometer in width of recording track, and at least 4-5micro or more of the height is conventionally required of structure. Thus, for making the magnetic pole of a longwise configuration, in an ion milling process, it is impossible and plating must be adopted. It is very difficult to carry out mass-production formation of the longwise configuration within a predetermined precision (for example, less than **10%) also in this plating. If this invention is used, since the process that such difficulty is high becomes unnecessary, it will become it is cheap and possible [supplying the high head of quality]. If this head is furthermore used for a magnetic recorder and reproducing device, the equipment of mass high density high quality will be realized conventionally.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the schematic diagram seen from the medium opposed face side of one example of the record playback discrete-type combined head by this invention.

[Drawing 2] It is the schematic diagram seen from the 2 of conventional record playback discrete-type combined head, and medium opposed face side of the example of 3.

[Drawing 3] It is the explanatory view of the record process by the record playback discrete-type combined head of the conventional structure of drawing 2 (1).

[Drawing 4] It is the explanatory view of the record process by the record playback discrete-type combined head of the conventional structure of drawing 2 (2).

[Drawing 5] It is the explanatory view of the record process by the record playback discrete-type combined head of the conventional structure of drawing 2 (3).

[Drawing 6] It is the explanatory view of the record process by the record playback discrete-type combined head of this invention of drawing 1 .

[Drawing 7] It is drawing explaining relation with the adjoining truck of the record process by the record playback discrete-type combined head of this invention.

[Drawing 8] It is drawing explaining relation with the adjoining truck of the record process by the conventional record playback discrete-type combined head.

[Drawing 9] It is drawing showing the detail configuration of one example of the record playback discrete-type combined head by this invention.

[Drawing 10] It is drawing which explains the difference between the effectual recording width of the head of structure, and another DDO of the example by this invention, and effectual elimination width of face conventionally.

[Explanation of agreement]

11 Lower Shielding

12 Electrode

13 Lower [Up Shielding-cum-] Magnetic Pole

14 Up Magnetic Pole

15 Record Gap

16 Magnetic Detection Sensor

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-306513

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

K

C

5/265

5/265

F

5/39

5/39

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平10-109394

(22) 出願日

平成10年(1998)4月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 宮本 詔文

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 石井 生

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

(72) 発明者 小山 直樹

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会

社日立製作所ストレージシステム事業部内

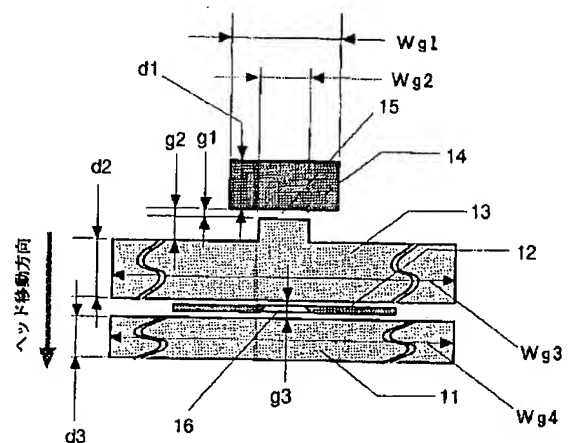
(74) 代理人 弁理士 鈴木 誠

(54) 【発明の名称】 高密度記録再生ヘッド及び高トラック密度磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 面内長手磁気記録において、媒体に書かれた磁化遷移のトラック端部での曲がりと消去幅を減少させ、かつ、記録トラック幅を狭小化し、高密度記録に適した構造の複合型磁気ヘッドを実現する。

【解決手段】 媒体対向面からみて、記録ギャップを構成する上部磁極14および下部磁極13の記録ギャップ側のトラック幅方向寸法をリーディング側で短く、トレーリング側で長くし、上部磁極材料の飽和磁束密度を下部磁極の飽和磁束密度よりも大きくする。



- 11 : 下部シールド
- 12 : 電極
- 13 : 上部シールド兼下部磁極
- 14 : 上部磁極
- 15 : 記録ギャップ
- 16 : 磁気検出センサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録用ヘッドと再生用ヘッドが独立し、それぞれが同一基板上に形成され、記録用ヘッドのリーディング側磁極の記録ギャップ側の幅がトレーリング側磁極の記録ギャップ側の幅よりも狭い構造の複合型磁気ヘッドにおいて、トレーリング側磁極を、リーディング側磁極を構成する材料の飽和磁束密度より大きな飽和磁束密度を有する材料で構成したことを特徴とする高密度記録再生ヘッド。

【請求項 2】 記録用ヘッドと再生用ヘッドが独立し、それぞれが同一基板上に形成され、記録用ヘッドのリーディング側磁極の記録ギャップ側の幅がトレーリング側磁極の記録ギャップ側の幅よりも狭い構造の複合型磁気ヘッドにおいて、トレーリング側磁極を 2 種類以上の積層膜で構成し、少なくとも記録ギャップに最も近い側の材料の飽和磁束密度をリーディング側磁極を構成する材料の飽和磁束密度より大きな値の材料で構成したことを特徴とする高密度記録再生ヘッド。

【請求項 3】 請求項 1 もしくは請求項 2 載の高密度記録再生ヘッドを搭載したことを特徴とする高トラック密度磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、複合型磁気ヘッドおよび該複合型磁気ヘッドを用いた記録再生装置に関し、特に高密度な磁気記録再生を行うのに好適な複合型磁気ヘッドおよび記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気記録装置の小型大容量化に対応するため、記録媒体の面記録密度はここ数年間、年率約 60 % という高い率で上昇している。このように、高度な成長を続けているのは、記録媒体の高保磁力、低ノイズ化技術、記録再生ヘッドの高効率、高出力化技術、ヘッド媒体間の低浮上化技術、信号処理技術、高精度サーボ技術など、様々な技術が互いに補完しあい、進展してきたことに大きく依存する。

【0003】 磁気ヘッドにおいては、記録用と再生用を分離した複合型磁気ヘッドの開発によって、記録および再生ヘッドの設計がそれぞれで最適化できるようになり、ここ数年の記録密度の増加に大きく貢献してきた。特に再生ヘッドとして用いる磁気抵抗効果素子（MR 素子、GMR 素子等）はヘッド、媒体間の相対速度に依存せず、高出力設計ができることから、媒体の小径化、薄膜化が可能になり、2.5 インチ、3.5 インチ径の媒体を採用した小形の磁気記録装置などでは必須の技術になっている。複合型磁気ヘッドのもう一方の重要な要素である記録ヘッドは、従来のインダクティブヘッドの技術の延長上ではあるものの、高密度トラック形成ができるように先端形状が改良され、高周波に対応するため、材料開発などがなされてきた。それにも増して、ユ

ーザからの高密度化への要求は衰えるところを知らず、益々の技術開発が要求されているところである。

【0004】 図 2 (1) は、マージ型複合ヘッドと呼ばれる現在最も基本的な構成の複合型磁気ヘッドを媒体対向面側（A B S 面）から見たときの形状を示している。媒体への記録は下部磁極 123 と上部磁極 124 で挟まれた非磁性部の記録ギャップ 125 からの漏えい磁界を用いて行う。通常、この形状のヘッドでは媒体に対して、下部磁極 123 が先行し（リーディング側）、上部磁極 124 がそれについて（トレーリング側）移動する。このため、実際の磁気情報はトレーリング側となる上部磁極 124 の記録ギャップ側のエッジで形成される。記録された磁気情報の再生は磁気抵抗効果素子（MR 素子、GMR 素子）126 を用いて行う。磁気抵抗効果素子 126 は下部磁気シールド膜 121 と上部磁気シールド膜（記録用の下部磁極と兼用）123 によって挟まれた構造をしており、この二つの磁性膜によって形成された再生ギャップの中に配置される。記録パターンは磁気抵抗効果素子 126 によって磁気から抵抗変化に変換され、左右の電極 122 および 127 を通して増幅器（図示せず）に送られる。

【0005】 このような構造のヘッドの場合、再生用の上部の磁気シールドと記録用の下部磁極とは共通の磁性膜を使用するため、マージ（Merge）型複合ヘッドと呼ばれる。マージ型複合ヘッドの記録プロセスをもう少し詳細に説明したものが図 3 である。図 3 では、記録に寄与する部分のみを示しており、再生ヘッドは省略している。また、下部磁極 123 の厚さも、上部磁極 124 と比べて実際のものより薄く短く表現している。

【0006】 図 3 (1) は、図 2 (1) のマージ型ヘッドのコイルに電流を流したときに発生する等磁界分布を計算機で計算した結果をトレースしたものである。計算に用いた主な条件は、記録ギャップ幅（Wg5）1.0 μm 、記録ギャップ長（b1）0.3 μm 、ギャップ深さ 1.5 μm 、上部磁極 124 の飽和磁束密度 1.0 テスラ、下部磁極 123 も 1.0 テスラ、記録起磁力は 0.5 A T である。曲線 31 は記録ヘッドの磁極面から 70 nm 離れた位置での磁界強度の面内成分が 2200 エルステッドとなる領域を示している。2200 エルステッドを選んだ理由は、記録媒体の保磁力を 2200 エルステッドと仮定したためである。すなわち、曲線 31 で示した領域の内側で媒体保磁力をこえる磁界強度をもつ。したがい、その境界線で磁化遷移が形成されることになる。等磁界曲線 31 はリーディング側となる下部磁極 123 の記録ギャップ側でほぼ平らになり、トレーリング側の上部磁極 124 の記録ギャップ側で両側に突出部を持つ台形状になる。このように上部磁極端部で突出部を持つのは、上部磁極 124 がトラック幅方向に有限であるため、その端部に磁束が集中し、領域 32 で示す（左も同様）部分が磁氣的に飽和し、漏えい磁界が強め

られるためである。このときの磁化の方向を模式的に示したものが図3(2)である。記録ギャップの中央ではほぼギャップに垂直方向の成分であるのに対して、トラック端部内側ではやや内向きの方向で、さらに外側ではトラックエッジ方向に向く。媒体に記録される磁化方向は、ほぼこの図3(2)に示した方向に磁化されると考えられる。

【0007】図3(3)は、このようなヘッドで面内等方媒体に低周波の信号を記録したときの模式図を示している。磁化遷移領域はヘッドの上部磁極近傍の等磁界曲線にそって左右に持ち上がったような形になり、その左右に広い消去領域が存在する。媒体に信号を記録するときは、下部磁極123がリーディング側となるため、等磁界曲線31の台形の底辺長E1の幅だけまず消去され(Ee)、その後、トレーリング側幅W1で示す幅で磁化遷移領域(We)が形成される。W1とE1の差が大きい程消去領域は広くなり、狭トラック磁化パターンを形成するのが困難になってくる。また、ヘッド進行方向の記録密度が高い場合(ビット密度方向)、上部磁極124側の等磁界曲線の曲がり急峻なところでは磁化遷移領域が形成されにくくなるため(トラックに対して磁化遷移領域が傾いているため磁化遷移領域に垂直方向の実質的なビット間隔が狭くなる)、さらに、記録幅が減少することになる。トラック幅方向の密度を高めるためには、E1に相当する消去領域幅(Ee)とW1に相当する記録領域幅(We)を等しくなるような構造のヘッドが必要である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述のような問題を解決しようとした公知例として、例えば特開平2-208812号公報がある。この公知例によるマージ型複合ヘッドを図2(2)に示す。図2(2)は図2(1)と同様に媒体対向面からヘッド磁極を見たときの概略を示している。このヘッドは、記録磁界の広がりを防ぐために、上部シールド兼下部磁極である磁性体223の記録ギャップ側の幾何学寸法を上部磁極224の記録ギャップ225側の寸法に合わせたことが特徴である。その他の部分については図2(1)の構造のヘッドと同じである。また、この図2(2)ではシールド部分のトラック幅方向寸法は実際のものより短く表現している。

【0009】図2(2)のヘッドによるところの面内等磁界曲線を計算した結果を図4(1)に示す。計算に用いた主な条件は、図3(1)の場合と同じく、記録ギャップ幅(Wg6)1.0 μ m、記録ギャップ長0.3 μ m、ギャップ深さ1.5 μ m、上部磁極224と下部磁極223の飽和磁束密度はともに1.0テスラ、記録起磁力は0.5A/Tである。記録ヘッドの磁極面から70nm離れた位置の磁界強度の面内成分が2200エルステッドとなる領域を曲線41で示している。この結果から、図2(1)のヘッドにくらべると、消去幅に相当す

るE2は前述の図3(1)のE1に比べ減少し、幾何学寸法Wg6にちかづく。図4(2)は媒体上の記録パターンの模式図であるが、図に示すように消去領域幅も図3(3)の例より減少する。また、下部磁極223がトラック幅方向に減少した分、上部磁極224の記録ギャップ側両端の磁束の飽和が緩和され、突出部が減少し、磁化遷移領域の曲がりもいくぶん緩和されることもわかる。これらの結果は磁気力顕微鏡(MFM)による記録媒体の磁化パターン観察の結果からも裏付けられている。しかしながら、この図4(1)のような記録ヘッドによっても消去の幅E2と記録の幅W2を一致できるような設計は難しい。

【0010】また、最近の公知例としては、例えば特開平9-305921号公報がある。この公知例によるマージ型複合ヘッドを図2(3)に示す。図2(3)も図2(1)や図2(2)と同様に媒体対向面からヘッド磁極を見たときの概略を示している。このヘッドは、図2(2)のヘッドと同様に下部磁極323を凸形状にし、さらに上部磁極324の記録ギャップ側の幅を下部磁極323の凸上部の幅より広くするものである。その他の部分については図2(1)や図2(2)の構造と同じであり、シールド部分のトラック幅方向寸法が実際のものより短く表現していることも同様である。

【0011】この公知例は、記録トラック幅が下部磁極の凸部で決まり、図2(1)や図2(2)従来構造のマージ型複合ヘッドのように上部磁極の幅をトラック幅寸法まで狭く作るのが必要がないので、プロセスが容易になり、プロセスマージンが広がる効果を狙ったもので、トラック端部の磁化遷移領域の曲がりの低減や消去幅の低減については何ら触れていないが、以下の考察により、図2(2)のようなヘッドに比べて効果のあることが推測される。

【0012】図5(1)は、図2(3)のヘッドによるところの面内等磁界曲線を計算してみたものである。主な計算条件は、上部極324の幅Wg7を1.5 μ m(記録ギャップ幅Wg8の1.5倍)とした以外、上部磁極324および下部磁極323共に飽和磁束密度1.0テスラとするなど、図3(1)や図4(1)の場合と基本的に同じである。記録ヘッドの磁極面から70nm離れた位置での磁界強度の面内成分が2200エルステッドとなる領域を曲線51で示したが、この等磁界線51は、図3(1)に示した従来構造の等磁界曲線31とほぼ上下を逆にした関係になる。図5(2)は媒体の磁化遷移領域(記録パターン)の様子を推定したもので、磁化遷移領域幅(トラック幅に相当)はWm1となり、この幅は記録幅W3と消磁極E3に等しく、両脇の消去領域はほとんどなくなり、トラック端部の曲がりも少なくなることを示している。

【0013】以上のように、特開平9-305921号公報で開示するヘッドによれば、トラック端部の磁化遷

移領域の曲がりの低減と消去幅の低減に効果のあることが推測されるが、上部磁極と下部磁極との幾何的構造を細工するだけでは限界があり、更なる狭トラック化・高密度記録は期待できない。

【0014】本発明は、上述の課題に鑑みなされたものであり、その目的とするところは、媒体に記録された磁化遷移領域の曲がりが小さく、隣接するトラックとの間に消去領域もなく、しかも、磁化遷移領域が狭い、更なる狭トラック・高密度記録に適した構造の複合型磁気ヘッド及び該複合型磁気ヘッドを搭載した高トラック密度磁気記録再生装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明の複合型磁気ヘッドは、記録用ヘッドのリーディング側となる下部磁極の一部を膜面から機械的、化学的にエッチングするか、あるいは磁性体を堆積させるかして媒体対向面側からみた形状を上部磁極方向に凸形状とする。凸部の高さは記録ギャップ幅の1.5から2倍以上とする。一方、トレーリング側となる上部磁極の記録ギャップ側のトラック幅は、少なくとも、下部磁極の記録ギャップ側幅よりも、片側で記録ギャップ長の1.5から2倍以上広くした構成とする。これら下部磁極と上部磁極の構造は、図2(3)のヘッドと基本的に同じであるが、本発明では、さらに上部磁極の磁性材料に飽和磁束密度の高い材料を用いる。このように、飽和磁束密度は下部磁極のそれよりも大きな材料を選択することが重要である。なお、上部磁極を2層以上の材料で構成し、記録ギャップに近い側の材料の飽和磁束密度を下部磁極のそれよりも大きくしてもよい。

【0016】下部磁極の凸形状を作成する手段としては、あらかじめ、所定のトラック幅よりも広く形成した上部磁極、下部磁極を媒体対向面形成後（浮上面ラップ後）に同面からホトリソ法によるレジストマスクと、ミリング工程を組み合わせた加工法によって前述の凸磁極形状を構成してもよい。このときの媒体対向面からの加工深さは少なくとも、記録ギャップ幅の1.5倍から2倍以上とする。同様の加工方法として、イオンビームを用いるFIB法も採用できる。

【0017】本発明に係る記録再生分離型ヘッドでは、記録に関与するトレーリング側の等磁界分布がほぼトラックにそって並行になり、下部磁極のギャップ側の幾何学寸法とほぼ同じ幅の磁化遷移領域が形成できる。後で詳述するが、図6(1)および図6(2)に示すように、記録トラック幅W4は先行する等磁界曲線61（ほぼ幾何学寸法Wg2相当する）に比べて広いため、消去幅E4と記録幅W4はトレーリング側となる上部磁極側で決定される。このため、従来必ず発生していたトラック両端の消去領域がなくなり、記録トラックピッチ内の有効な磁気信号が増加する。また、上部磁極に飽和磁束密度の高い材料（高Bs材料）を用いることにより磁界

の広がり（記録幅と消去幅）を小さくでき、媒体ではほぼ下部磁極のギャップ側寸法Wg2に等しい記録幅Wm2が得られる。その結果、従来の構造に比べて特にトラック密度を高めた磁気ディスク装置等を実現することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る複合型磁気ヘッドの一実施例を図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施例における複合型磁気ヘッドを媒体対向面から示した平面図である。図1において、11は下部シールドで、その長さWg4は少なくとも磁気検出センサ部16の幅以上の長さを持ち、パーマロイ、センダスト等の軟磁性材料をスパッタ法、メッキ法により成膜したものが用いられる。下部シールド11の上に再生用ヘッドの磁気検出センサ16を配置する。図1では省略したが、センサ16は、非磁性で絶縁性の高いアルミナ等で挟まれて配置される。該磁気検出センサ16は媒体上の磁気信号を電気信号に変換する役目を持ち、磁気抵抗効果素子（AMR素子）、スピンバルブ素子、巨大磁気抵抗効果素子（GMR素子）などに代表される素子が用いられる。これらの素子を構成する膜はスパッタ法、真空蒸着法やイオンビーム法等によって成膜する。センサ16の両端には同様にスパッタ法、真空蒸着法やイオンビーム法等によって、成膜された電極12が配置される。電極12はセンサ部16に電流を供給すると共に、電圧の変化を増幅器に伝える役目を果たす。このため、電極部12は抵抗率の極めて低い良導体を用いて作成される。電極部12には磁気検出センサ16の安定性を増すために、永久磁石膜等を積層して配置することもある。磁気検出センサ16の上にはアルミナ等で電氣的、磁氣的に絶縁をし、上部シールド膜13を配置する。上部シールド膜13のセンサ側の長さWg3は少なくともセンサ16よりも長い必要がある。Wg3とWg4は同一長でなくてもかまわない。

【0019】上部シールド膜13は記録用ヘッドの下部磁極を兼ねており、以下では、13を下部磁極と呼ぶ。該下部磁極13の上部磁極方向は凸形状となり、この凸形状の上部幅Wg2によって記録ギャップ幅がきめられる。下部磁極材料は磁氣的に安定した膜を作りやすいという観点からNiFe（飽和磁束密度1.0テスラ）が望ましい。下部磁極13は再生用ヘッドセンサ16のシールド膜を兼ねているためである。下部磁極13（上部シールド兼用）の上にはアルミナ等で記録ギャップ15が形成され、その上に上部磁極14が配置される。上部磁極材料は、その飽和磁束密度が下部磁極材料の飽和磁束密度よりも大きな材料を選択する。具体的にFe組成を増やしたFeNi合金、CoTaZrやCoNbZrなどのアモルファス材料がある。また、この上部磁極14の幾何学的幅Wg1は図2(1)や図2(2)の従来構造の磁極幅よりも大幅に広くできるため、デポ方法と

してフレームメッキ法以外にスパッタ法とイオンミリングを組み合わせた方法を選択できる。スパッタ法を用いれば材料選択の幅が大きく広がるため、高周波記録を考慮して比抵抗の大きな磁性体の選択をしたり、あるいは、絶縁膜と磁性膜を積層して更に比抵抗向上を図ることも可能である。なお、上部磁極 14 の幾何学的幅 Wg_1 は少なくとも、片側で下部磁極 13 の凸形状幅 Wg_2 よりも記録ギャップ長の 1.5 倍から 2 倍以上の長さが必要である。ただし、 Wg_1 の寸法は磁気コアの周波数特性等を考量すると必要以上に長くすることは避けたい。これはコイルを交叉する磁路の磁気的な質量が大きいと周波数特性が劣化するからである。このようにして上部磁極 14 と下部磁極 13 によって構成された記録ギャップ 15 から媒体対向面側にもれる記録磁界を用いて情報を記録する。

【0020】図 1 の構成の記録ヘッドでの記録のプロセスを図 6 を参照しながら説明する。図 6 (1) は図 1 の構成のヘッドのうち、記録に関与する下部磁極 13、記録ギャップ 15 および上部磁極 14 のみ示している。さらに、計算で求めた媒体保磁力に相当する等磁界曲線 61 を書き加えている。主な計算条件は記録ギャップ幅 (Wg_2) $1.0 \mu m$ 、記録ギャップ長 $0.3 \mu m$ 、ギャップ深さ $1.5 \mu m$ 、上部磁極 14 の飽和磁束密度 1.6 テスラ、下部磁極 13 は 1.0 テスラ、記録起磁力は 0.5 A T であり、曲線 61 は記録ヘッドの磁極面から 70 nm 離れた位置での磁界強度の面内成分が記録媒体の保磁力相当の 2200 エルステッドとなる領域を示している。図 6 (1) での等磁界曲線 61 は、図 5 (1) の曲線 51 と同様に、図 3 (1) に示した従来構造の等磁界曲線 31 とほぼ上下を逆さにした関係になる。図 6 (1) において、先の図 5 (1) に示した上部磁極 32 および下部磁極 323 とともに飽和磁束密度 1.0 テスラの材料を用いた場合との大きな違いは、上部磁極 14 のギャップ側の磁界の広がり領域幅である。即ち、上部磁極 14 に高 B_s 材料 (1.6 テスラ) を用いた場合、図 6 (1) から分かるように、記録トラック幅 W_4 は、図 5 (1) に示した下部/上部とも 1.0 テスラの材料を用いた場合の記録トラック幅 W_3 に比べると狭くなる。これは、下部磁極から発生する磁化は一定であるため、受ける側となる上部磁極の飽和磁束密度が高いほど横方向への広がりが小さくなるためである。

【0021】ヘッドは媒体を固定した場合を考えると、紙面で上から下へ向かって移動する。このため、リーディング側となる下部磁極側 13 から信号を記録するものの、最後に通過するトレーリング側の上部磁極 14 の等磁界曲線 61 にそって磁化遷移領域が形成される。この結果、図 3 や図 4 で示した従来構造で記録した場合に見られた、磁化遷移領域のトラック端部での曲がりがなく、トラック両端に見られた信号消去領域が無い記録パタンの形成が可能になる。しかも、図 5 で示した上部

磁極および下部磁極共に同じ飽和磁束密度の材料を用いた場合に比べて記録トラック幅は狭くできる。図 6

(1) のヘッドで記録したときの磁化遷移領域の様子を推定したものを図 6 (2) に示す。磁化遷移領域幅 (トラック幅に相当) は Wm_2 となり、この幅は記録トラック幅 W_4 と消去幅 E_4 に等しく、両脇に消去領域は存在しない。また、この磁化遷移領域幅 Wm_2 は先の図 5

(2) に示す Wm_1 に比べて更に狭い。 Wm_2 の幅は図 5 (1) のヘッドの Wm_1 に比べて下部磁極の幾何学寸法 Wg_2 に近くなり、トラック密度を更に向上できる。

【0022】図 7 は、本実施例によるところの記録ヘッドを用いて媒体 700 に磁化パターンを記録したときの様子を模式的に示したものである。図 7 では媒体 700 を固定し、ヘッドが紙面上を上から下へ移動したときを示す。図 7 (1) はヘッドのスキュー角度が 0 度、図 7

(2) は 25 度の場合を示す。図 7 (1) では、ヘッド 705 が通過する両隣りの記録トラックに、あらかじめ磁化パターン 707 を書いてある。本実施例による記録ヘッド 705 が所定のトラックに磁化パターン 702 を記録しながら上から下へ通過する。磁化遷移領域はトレーリング側の等磁界曲線にそって形成されるため、このヘッドのようにトレーリング側の等磁界曲線幅がリーディング側の等磁界曲線幅よりも長い場合、両隣りの記録トラックとの境界に消去領域 703 が形成されない。また、トレーリング側の等磁界曲線に曲がりが少ないため、トラック幅全域にわたって進行方向に垂直な磁化遷移領域が形成できている。この効果はヘッドにスキュー角がついた場合も同様で、図 7 (2) に示すように両隣りの磁化パターン 717 と記録した自分自信の磁化パターン 712 との間に消去領域 713 は形成されない。磁化パターンはスキュー角分だけ進行方向に対して傾くだけで、トラック面内でほぼ直線の磁化遷移領域が形成できる。詳細な説明は省略するが、図 8 (1), (2) に示すように、従来型のヘッドではトレーリング側の等磁界曲線幅がリーディング側の等磁界曲線幅よりも短いため、両隣りの記録トラックとの境界に消去領域が形成されてしまう。さらにスキュー角がついた場合は、その消去領域が片側に広く、反対側に狭くなる。

【0023】このように、本実施例でのヘッドで磁化パターンを形成すると従来構造のヘッドで記録したときに比べ、隣接トラック間に消去領域なく、自己の磁化遷移領域の曲がりの少ない良品質の磁化パタンの形成が可能である。しかも、ほぼ下部磁極のギャップ側寸法に等しい記録幅が得られ、トラック密度を向上できる。

【0024】次に、図 9 を参照しながら本実施例による複合型磁気ヘッド構造を立体的に開示するとともに、簡単に製造プロセスを説明する。本実施例による記録再生分離型ヘッドは基板 916 の上に形成される。基板材料としてセラミック基板を精密研磨したものが用いられる。基板 916 の上に A12O3 や SiO2 等の高絶

縁、非磁性の薄膜をスパッタ法、蒸着法、CVD法などを用いて積層する。さらにその上に、再生用の下部シールド膜 915 とする磁性膜を堆積する。磁性膜材料としては、パーマロイ、センダスト等の結晶性軟磁性膜あるいは、CoTaZr 等の非晶質性の軟磁性膜などが考えられる。成膜方法はスパッタ法、蒸着法等が選択できる。下部シールド膜 915 は後述する磁気検出センサ 917 の空間分解能を向上させるために配置するので、少なくとも媒体対向面から見たとき、そのトラック幅方向には磁気検出センサ 917 よりも長くなくてはならない。また、膜厚は 2~5 μm の間くらいが適当である。シールドで挟まれた内外を磁氣的に遮断するという目的からこの値が選ばれた。下部シールド 915 の奥行方向の長さは少なくとも磁気検出センサ 917 を被う範囲以上あれば良い。下部シールド形状に関しては磁氣的な安定性すなわち、安定的な磁区構造をとることが次に重要な要素であるため、形状異方性を考慮してトラック幅方向に長くすることが多い。下部シールド 915 の上には先ほどと同様に A12O3 や SiO2 等の膜を堆積する。さらにその上に磁気センサ 917 を形成する。磁気検出センサ 917 としては磁気抵抗効果素子 (AMR 素子)、スピンバルブ素子、巨大磁気抵抗効果素子 (GMR 素子) などに代表される磁氣的な変化を電氣的な (抵抗変化) 信号に変換する素子を用いる。これらの膜はスパッタ法、真空蒸着法やイオンビーム法等によって成膜する。磁気検出センサ 917 はフォトレジストプロセスとイオンミリングプロセスを利用して所定のトラック幅にパターンニングされる。このとき、奥行方向の長さ (MR 高さ) も同時に形成する。磁気検出センサ膜厚はセンサ感度によって決められるが、通常数十ナノメートルの厚みを持つ。幾何学的なセンサ長 (再生トラック幅) は磁気ディスク装置のトラック密度とセンサ自身の磁氣的なトラック幅から決められる。MR 高さは浮上面加工の加工精度、センサへの要求出力等から決められる。2Gb/in² 乗程度の面記録密度であれば、装置の設計思想にも大きく依存するが、トラック幅 2 μm 強、MR 高さ 1 μm 強位の値と考える。磁気検出センサ 917 の両脇にはセンサに電流を供給することと、センサの電圧変化を増幅器に伝達する目的で電極 914 および 918 を形成する。電極 914、918 はフォトレジストプロセスのリフトオフ法を用いて作成する。リフトオフ法を採用することで電極 914、918 と磁界検出センサ 917 両端を一致させ、導通が良好に確保できる。電極材料は Au, Ta, Cu, Al などの良導体と次に述べる磁区制御膜との積層膜を採用することが多い。磁区制御膜は強磁性体、あるいは反強磁性体と軟磁性体を組み合わせた膜からなり、磁気検出センサを両端から磁氣的に安定化させる役目を果たす。磁気検出センサ 917 の上には先ほどと同様に A12O3 や SiO2 等の膜を堆積する。さらにその上に上部シールド 913 を堆積する。上部シ

ールド 913 は、記録用ヘッドの下部磁極と兼用している。磁気検出センサ 917 にとっての役割は下部シールド 915 と同様である。上部シールド 913 は材料、積層プロセスとも下部シールド同様の技術の採用ができる。上部シールド 913 と下部シールド 915 で挟まれた領域は再生ヘッドギャップと呼ばれる。磁気検出センサ 917 はこの再生ギャップの中におさまられる。再生ギャップの膜厚方向の長さを再生ギャップ長と言い、再生ヘッドの空間分解能を決めるパラメータである。線記録密度を高めるには再生ギャップ長を短くする必要がある、2Gb/in² 乗程度の面記録密度であれば、0.3 μm 程度である。このギャップ長の制約から電極の膜厚が決められる。

【0025】本実施例での最も重要な要素が、再生用この上部シールドを兼ねた記録用の下部磁極 913 と上部磁極 911 である。上部シールド兼下部磁極 913 は再生側ギャップ (下側) と記録側ギャップ (上側) で媒体対向面側の長さが異なる。上側の凸形状はフォトレジストプロセスとイオンミリングプロセスとを組み合わせ形成する。すなわち、下部磁極を堆積後、Wg 2 で示した残したい形状にそってレジストを形成する。その後、レジストをマスクにしてミリングにより凸形状を形成する。ミリングする深さは媒体の保磁力、浮上量によってやや異なってくると考えるが、それらを考量して、記録ギャップ長の 1.5~2 倍以上必要である。また、凸形状のもう一つの形成方法として、凸部の台座をまず形成し、その上にフレームメッキ法を用いて凸部の上部を形成する。このときの凸部上部の高さはギャップの 1.5 から 2.0 倍以上あればよいので、従来構造の上部磁極のように 4~5 μm と高くする必要がないため形成が容易である。図 9 では省略したが、このように形成した下部磁極 913 の上には先ほどと同様に A12O3 や SiO2 等のギャップ膜を厚めに堆積する。その後、ギャップ膜を機械的、化学的あるいは両者を組み合わせた平坦化プロセス (機械化学的ポリッシング) 等によって下部磁極 913 の凸中央部、両端部の高さをそろえる。このときのギャップ膜の下部磁極凸部中央の残り膜厚が記録ギャップ長となるように制御する。あるいは、下部磁極 913 の凸部の上部に達するまで平坦化し、その上に再度 A12O3 や SiO2 等ギャップ膜を所定の膜厚 (通常 0.1~0.5 μm 程度) に堆積させてもよい。次に、記録ギャップの上に記録電流を通電するコイル 912 を形成する。コイルは Cu などの良導体をレジストフレーム形成後、メッキプロセスを用いて形成する。コイル巻数は記録周波数帯域と、ヘッドの記録効率から決定される。すなわち狭トラック化によって、ヘッドの先端形状が小さくなり、ヘッド効率が低下するため、記録起磁力を高めなくてはならない。また、一方で記録記録周波数帯域が広くなれば、コイルインダクタンスを下げるために巻数を少なくする必要がある。この二つの矛盾した要

因からコイル巻数は決定される。本実施例では図3のような従来構造記録ヘッドに比べて、コイルに交叉する磁束に対する磁気抵抗は小さく、高効率であると考えられるので、従来よりも巻数を少なくして記録周波数帯域の広いヘッドを実現できる効果も考えられる。さらにコイルの上には絶縁用のレジスト材のような高絶縁樹脂を充填し、最後に上部磁極911を形成する。上部磁極911はコイル912をまたいで形成し、下部磁極913と磁氣的に結合させる。媒体対向面からの上部磁極幅 W_g は少なくとも下部磁極幅 W_g よりも片側に1.5から2倍以上長ければ良い。奥行き方向については同様の幅でパターンニングしてもよいが、記録効率をよくするためにやや広くしても良い。ただし、必要以上に広げると磁路の磁氣的質量が増加するため、記録周波数帯域を低下させる原因になる。この理由から幅として $20\mu m$ 程度で十分と考える。上部磁極911の膜厚は $2\sim 3\mu m$ 程度で十分と考える。

【0026】本実施例では、再生ヘッドの上部シールドと記録ヘッドの下部磁極とが兼用の構造を開示したが、これらの膜を分離した構造も考えられる。この場合、記録ヘッドと再生ヘッドが完全に分離できるため、再生ヘッドに対する記録磁界の悪影響が小さくなるので、より品質の優れたヘッドにできる。

【0027】また、本実施例の変型例として下部磁極913から上の記録ヘッドを下に配置し、その上に再生ヘッドを形成する実施例も考えられる。この場合、記録ヘッドの作成プロセスに成膜温度の高温化等、製造プロセスに自由度が増すため、記録性能の優れたヘッドが作成できる。欠点として記録ヘッドは段差の多い構造であるため、各成膜プロセスごとに平坦化処理が必要となりプロセスの複雑化が懸念される。

【0028】図10は、計算機による面内等磁界分布曲線の計算結果から、図1及び図2の本発明や従来の各構造のヘッドの幾何学的な記録ヘッド幅 W_g に対する実効的な記録幅 W_e および実効的な消去幅 E_e の比率をプロットしたものである。実効記録幅比率 $=W_e/W_g$ 、実効消去幅比率 $=E_e/W_g$ で定義した。計算の主な条件は前述した通りである。(a)に示した図2(1)の従来構造の記録ヘッドでは、実効的な記録幅は幾何学的な寸法より狭く、逆に消去幅は広くなる。狭トラック構造のヘッドとして非常に不利な構造であることが分かる。

(b)に示した図2(2)の下部磁極をトリミングした構造の記録ヘッドでは、実効的な消去幅を減少させることができるものの、実効的な記録幅は従来構造とほとんど変わらない。また、磁化遷移領域端部の曲がりもさほど改善できない。(c)に示した図2(3)の構造の記録ヘッドは、記録幅をほぼ記録ヘッドの幾何学寸法に近付けることができる。(d)は図1の本発明による実施例のヘッドの場合を示している。このヘッドは上部磁極の記録ギャップ側に飽和磁束密度の高い材料を積層して

いるが、その他の形状は(c)と同じである。この構造では高Bs材料によって上部磁極の飽和領域が狭くなり(トラック幅方向の)実効的な記録(消去)幅を更に幾何学寸法に近付けることが可能である。

【0029】一般に磁気記録再生装置は、記録再生ヘッド、該ヘッドや記録媒体を駆動する駆動系、およびディジタルあるいはアナログ情報を変換し記録ヘッドを通して媒体に信号を記録する回路機構、再生ヘッドからの信号をディジタルあるいはアナログ情報に変換する回路機構を備えている。このような装置に本発明の高密度記録再生ヘッドを搭載することにより、媒体に形成された記録ビットのトラック幅方向の消去幅 E_e と記録幅 W_e が等しく、且つ、狭くなり高トラック密度磁気記録再生装置を実現する。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の構造の記録再生分離型複合ヘッドによれば、次のような様々な効果が期待される。

(1) トラック幅方向の磁化遷移領域に曲がりのない一様な磁化パターンを形成できる。このため、従来より線記録密度を上げたリードライト設計が可能になる。

(2) 隣接トラックとの間に消去幅がなくなり、また、記録トラック幅が狭くなるため、従来よりも更にトラック密度を高めることが可能になる。

(3) 記録効率の高いヘッドが実現できるため、結果として低起磁力で記録が可能であり、コイル巻数を少なくできる。この結果、記録帯域の広い、高周波特性の優れたヘッドを実現できる。

(4) 記録ヘッドの磁極の製造プロセスが簡単化できる。従来構造では例えば、上部磁極の浮上面形状はトラック幅 $1\mu m$ で、その高さは少なくとも $4\sim 5\mu$ 以上必要である。このように縦長形状の磁極を作るにはイオンミリングプロセスでは不可能で、メッキ法を採用せざるを得ない。このメッキ法においても縦長の形状を所定の精度内(例えば、 $\pm 10\%$ 以内)で量産形成するのは非常に難しい。本発明を利用すれば、このような難易度の高いプロセスは不要になるため、安価で品質の高いヘッドを供給することが可能となる。さらにこのヘッドを磁気記録再生装置に用いれば、従来よりも大容量高密度高品質の装置が実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による記録再生分離型複合ヘッドの一実施例の媒体対向面側からみた概略図である。

【図2】従来の記録再生分離型複合ヘッドの二、三の例の媒体対向面側からみた概略図である。

【図3】図2(1)の従来構造の記録再生分離型複合ヘッドによる記録プロセスの説明図である。

【図4】図2(2)の従来構造の記録再生分離型複合ヘッドによる記録プロセスの説明図である。

【図5】図2(3)の従来構造の記録再生分離型複合ヘ

ッドによる記録プロセスの説明図である。

【図6】図1の本発明の記録再生分離型複合ヘッドによる記録プロセスの説明図である。

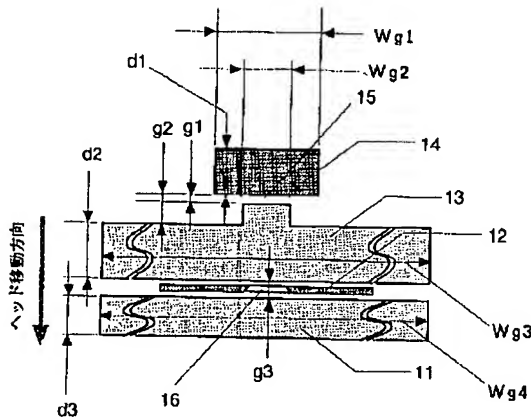
【図7】本発明の記録再生分離型複合ヘッドによる記録プロセスの隣接トラックとの関係を説明する図である。

【図8】従来の記録再生分離型複合ヘッドによる記録プロセスの隣接トラックとの関係を説明する図である。

【図9】本発明による記録再生分離型複合ヘッドの一実施例の詳細構成を示す図である。

【図10】従来構造のヘッドと本発明による実施例の別*10

【図1】



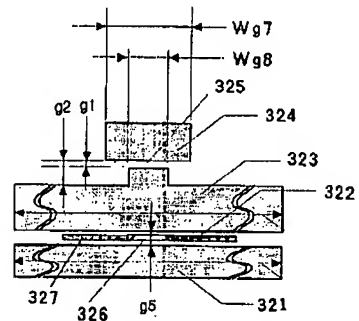
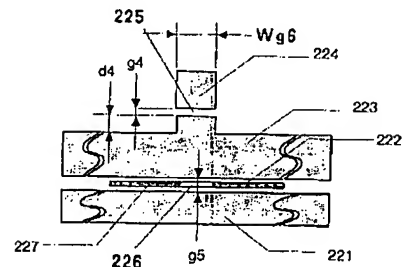
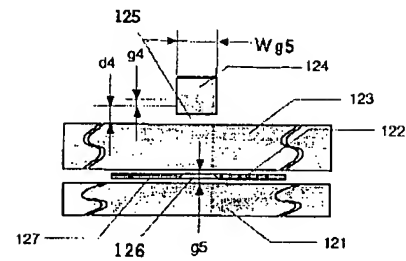
- 11: 下部シールド
12: 電極
13: 上部シールド兼下部磁極
14: 上部磁極
15: 記録ギャップ
16: 磁気検出センサ

(1)

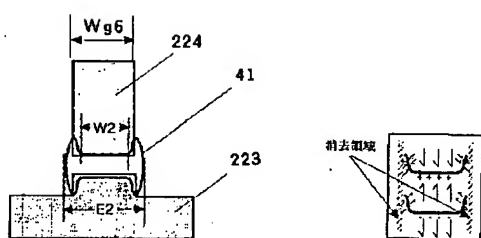
(2)

(3)

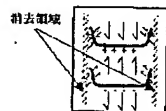
【図2】



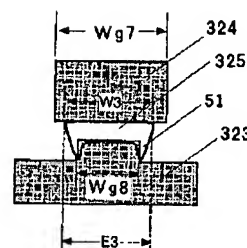
【図4】



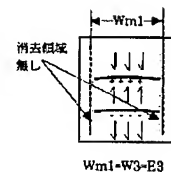
(1) 面内等磁界分布曲線

(2) 磁化遷移領域
(媒体上の記録パターン)

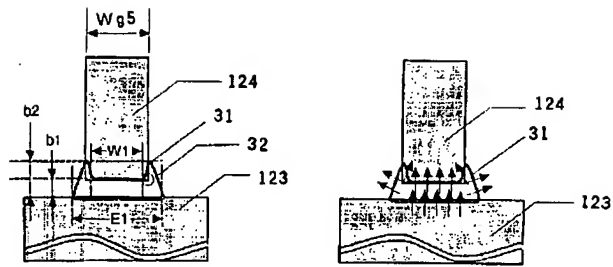
【図5】



(1) 面内等磁界分布曲線

(2) 磁化遷移領域
(上部/下部磁極ともBs同)

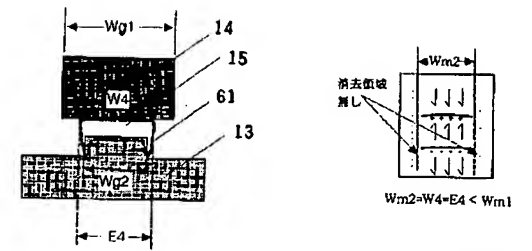
【図3】



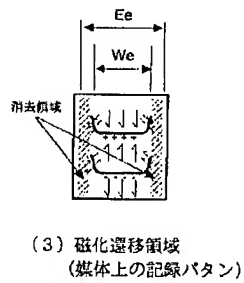
(1) 面内等磁界分布曲線

(2) 面内磁化方向分布

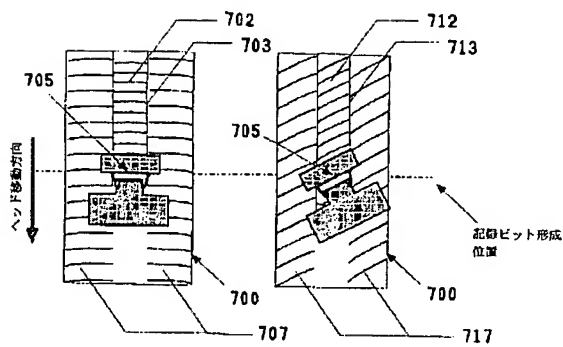
【図6】



(1) 面内等磁界分布曲線

(2) 磁化遷移領域
(上部磁極高 B_s)(3) 磁化遷移領域
(媒体上の記録パターン)

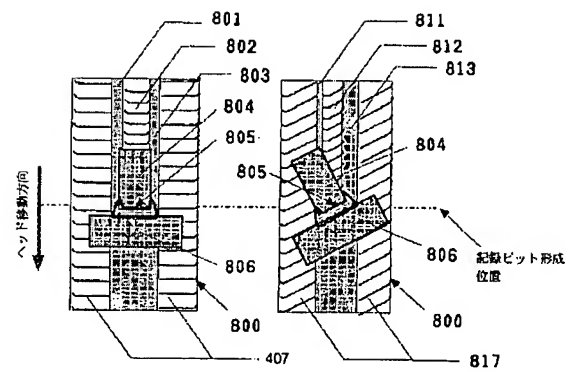
【図7】



(1) スキュー角度0度の場合

(2) スキュー角度2.5度の場合

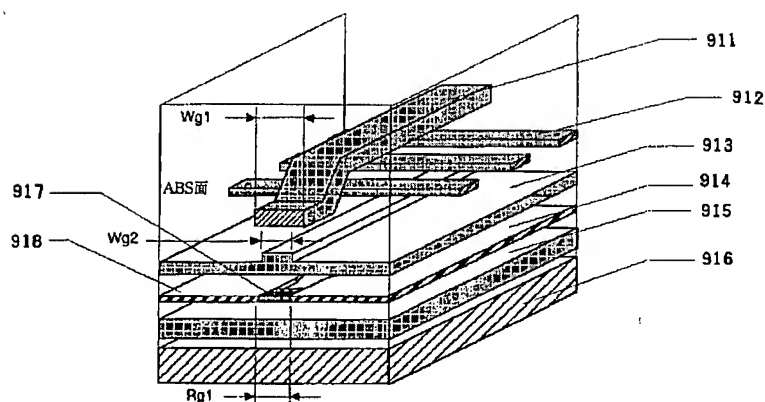
【図8】



(1) スキュー角度0度の場合

(2) スキュー角度2.5度の場合

【図9】



【図10】

